

超前帷幕注浆技术在蔡园煤矿 导水断层治理中的应用

高志军¹, 范士彦¹, 曹洪勇², 孙洪华², 张心彬¹, 张铸²

(1. 山东省煤田地质局, 山东 泰安 271000; 2. 济宁市蔡园生建煤矿, 山东 微山 277600)

摘要:蔡园煤矿中部发育一条走向近 NW 向的正断层, 对开采 12 煤层有影响, 在分析断层特征及水文地质条件基础上, 采用超前帷幕注浆技术对断层破碎带进行了加固, 并对影响断层富水性的灰岩含水层进行了预注浆封堵, 实现了对断层破碎带加固、堵水的双重效果, 达到了巷道围岩加固及含水层改造的双重目的, 保证了巷道的安全通过。

关键词:开拓巷道; 导水断层; 帷幕注浆; 超前治理; 蔡园煤矿; 山东济宁

中图分类号: TD743

文献标识码: B

山东省济宁市蔡园生建煤矿(简称蔡园煤矿,下同)中部发育一条走向近 NW 向的正断层(F₇₈断层),受其影响,断层以西五采区 12 煤层与断层以东四采区 3 煤层底板标高基本一致,五采区轨道大巷是为开采 F₇₈断层下盘 12 煤层服务的,横跨四、五 2 个采区,穿越 F₇₈断层。施工采取了对巷道前方断层破碎带超前帷幕注浆加固,并对影响断层富水性的灰岩含水层进行了预注浆封堵,实现了对断层破碎带加固、堵水的双重效果,超前帷幕注浆技术的应用在蔡园煤矿导水断层治理中取得成功^①。

巷道穿越 F₇₈断层后,将直接揭露对盘九灰(图 1),根据巷道附近分布于 F₇₈断层两盘的 D-9 和 B-2 钻孔资料分析,该两钻孔在揭露九灰时均出现漏水,且冲洗液全漏,说明该处九灰富水性强,断层及断层附近水文地质条件复杂。

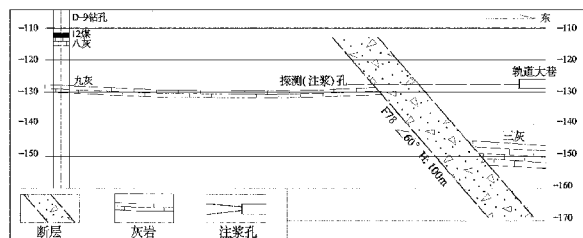


图 1 巷道前方断层特征剖面示意图

1 断层破碎带地质特征

1.1 水文地质条件分析

根据矿区内多个钻孔控制, F₇₈正断层走向近 NW, 倾向 NE, 落差 80~100 m, 在断层以东(上盘), 轨道大巷沿 3 煤层与三灰之间掘进, 根据计算, 其临界隔水层厚度为 8.3 m, 据现有地质资料分析^①, 该巷道底板距三灰最近处约 10 m 左右, 使得断层下盘的奥陶纪灰岩与上盘的三灰水平间距不足 50 m, 由此, 存在奥灰水沿断层面上升并侧向补给三灰, 使巷道底板受三灰承压水的威胁。

1.2 超前探测结果

为进一步掌握 F₇₈断层带影响范围及水文地质特征, 对注浆技术参数的选择和确定提供基本依据, 注浆施工前, 分别采用物探和钻探手段进行了超前探测^②。

(1)瞬变电磁法超前探水: 资料显示, 向巷道前方视电阻率值逐渐降低, 50~85 m 范围内低于 0.5 Ωm, 显示断层带范围具一定含、导水性。

(2)在迎头中央沿巷道走向施工一取心探测孔,

* 收稿日期: 2012-09-22; 修订日期: 2012-09-23; 编辑: 孟舞平

作者简介: 高志军(1963—), 男, 山东青州人, 高级工程师, 主要从事煤田地质工作; Email: tazj-cn@163.com。

①山东省煤田地质局第一勘探队, 山东省滕县煤田(南部)蔡园生建煤矿资源储量核实报告, 2008年。

②徐州固华岩土特殊工程施工有限公司, 济宁市蔡园生建煤矿五采区过 F₇₈断层超前注浆加固工程施工报告, 2010年。

孔深 73 m, 确定断层破碎带位置在孔深 45.0~63.1 m 之间, 揭露宽度 18.1 m。据揭露情况看, 断层带岩层构造极其复杂, 但破碎带岩体结构较致密, 孔隙、裂隙不明显, 钻进时无涌水现象。

2 注浆加固方法的选择

依据对断层的探测结果和综合地质情况分析, 认为该断层为一破碎带发育、岩层分布杂乱、水文地质条件复杂的导水断层, 巷道掘进经过时存在冒顶、底鼓、突水等重大安全隐患, 需预先进行治理^[1,2]。经方案对比和论证, 确定在井下巷道迎头, 采用超前帷幕注浆技术通过注浆钻孔对前方断层破碎带进行预注浆, 使巷道掘进前方形成一定范围的帷幕圈, 充分达到围岩加固和堵水效果, 为巷道安全通过 F_{78} 断层提供保障。

3 施工技术手段

根据井下地质情况, 巷道过断层经过了 2 个施工阶段, 第一阶段注浆施工起始位置距断层破碎带近端(沿巷道走向水平距离)约 45 m, 施工钻孔均穿过破碎带 10 m 左右, 对前方破碎岩进行了帷幕注浆加固。

巷道掘进至破碎带位置, 对迎头进行加固处理后实施了第二阶段注浆施工, 根据勘探钻孔资料分析, 该段节理裂隙较为发育, 出水量 $25 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右, 据出水深度及水量分析, 出水水源应来自于前方九灰。该阶段超前预注浆目的是加固断层破碎带, 并在断层破碎带巷道周围形成一定厚度的注浆封水帷幕, 达到堵水的目的。

3.1 注浆方式的选择

该次注浆施工, 采用前进式分段注浆施工工艺, 即钻一段, 注一段, 前一注浆段达到停注条件后, 再进行下一段的钻进、注浆; 同批多孔注浆时, 各孔依次循环, 逐段推进至终孔。单孔分段注浆, 可有效避免压力分散而影响注浆效果^[3]。分段长度一般控制在 10~20 m, 孔深不超过 30 m 的或取心孔等, 多采用全孔一次性注浆施工。

3.2 注浆孔布设

布孔原则: 钻孔数量及参数设计应保证实现各相邻孔的的注浆半径交圈^[4], 同时还要考虑经济合理、节约费用。为保证注浆帷幕厚度, 要求所有注浆

孔在终孔断面上, 终孔点距离巷道轮廓线至少为 3 m, 每一钻孔的开孔角度由开孔的实际位置、设计终孔位置及孔深等参数通过计算所得, 开孔角度包括仰角、俯角、外撇角, 并据此角度固定孔口管。注浆孔开孔位置、设计参数以第二阶段 5 个孔为例(图 2、表 1)。

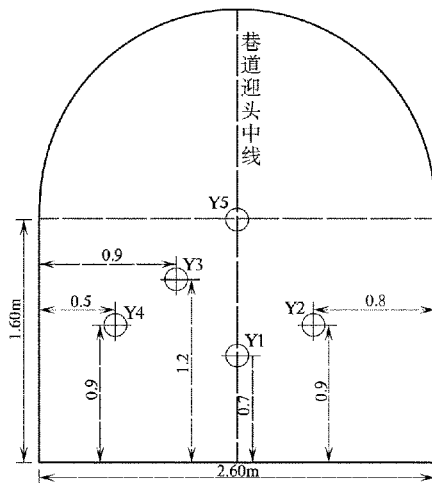


图 2 注浆孔布置示意图

表 1 超前注浆钻孔开孔参数设计值

孔号	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
倾角($^{\circ}$)	-12	0	0	0	+12
水平角($^{\circ}$)	0	右外撇 10	0	左外撇 7	0
孔深(m)	60	40	60	50	39

注: 倾角中“-”为俯角、“+”为仰角; 水平角为钻孔轴向与巷道走向垂面之夹角

3.3 工艺流程

施工硐室应满足施工操作, 巷道迎头为破碎岩的必须进行加固处理。设备、材料到位后再进行钻孔施工和注浆, 工艺流程为: 开孔→安装孔口管→安设高压球阀→钻进至目的层位→拔出钻杆、关闭球阀、连接三通与注浆管路→打开球阀→开启注浆机进行压水试验→试验合格后注浆→调整浆液参数至该次注浆结束→关闭球阀→换孔或复注。

3.4 孔口管要求

注浆孔采用直径为 89 mm 复合片钻头无心或取心钻进, 孔口管材选用直径为 108 mm(厚度为 5 mm)的无缝钢管, 安设高压球阀, 埋设深度不小于 6 m, 固管时, 孔内充入少量的树脂锚固剂, 采用注浆

固定孔口管,凝固后,进行耐压试验,试验时逐渐加压,试验压力不低于设计最大注浆压力(7 mPa),试验时间不小于 30 min,试验合格后,方可重新扫孔钻进。

3.5 注浆材料

浆液类型以水泥单液浆为主,水泥—水玻璃双液浆为辅,水泥型号选用强度为 32.5 R 普通硅酸盐水泥,双液浆选用水玻璃模数 2.8~3.4,浓度 38~40 Be'。双液浆一般在处理冒浆或注浆孔封闭使用。

3.6 浆液配比

该次使用的单液水泥浆水灰比一般为:水/水泥为 1.5:1~0.60:1。每次注浆一般先稀后浓,注浆初期,一般表现为持续吸浆且压力上升缓慢,注浆中期,应根据吸浆量变化和压力上升情况逐渐加大浓度,注浆结束前,需采用 0.60:1 浓浆注入至达到终压,以保证浆液的结实率。在含水段注浆时,采用的浆液浓度水灰比为 1.5:1 或稍稀,更换浆液浓度前,一般保持 20 min 以上连续注入时间。该次施工,正常注浆多使用 1:1 浓度。

3.7 注浆压力

注浆过程中,注浆压力可表现为初期、正常及终压 3 个阶段变化,初始浓度确定后,将根据压力变化情况对泵量、浆液浓度进行调整,使注浆压力平缓升高,直至终压。对含水层注浆,均采用“低压、慢注”方式尽量扩大其导水通道封堵范围。根据压水试验,确定该次施工注浆终压为 6~7 mPa。

结束注浆标准:注浆压力达到设计终压值,注入量小于 40 L/min,稳定 20 min 后,可结束注浆;一次注浆量如果大于 30 m³ 或注浆时间持续 16 h 仍达不到设计终压值,可结束该次注浆,并在注浆结束 4~6 h 后扫孔复注,直至达到结束注浆的条件。当冒浆或巷道迎头出现异常时,应结合现场情况及时结束该段注浆。

4 效果评价

F₇₈ 断层破碎带宽度 20 余米,该区域地质、水文地质条件复杂,该次共施工钻孔 15 个,其中第 1 阶段施工注浆孔 9 个,孔深一般为 50~80 m;巷道掘进 50 m 后施工第二阶段注浆孔 5 个,孔深一般为

40~60 m,施工结束前,在位于轨道大巷侧上方的皮带大巷向轨道大巷掘进前方施工探水验证孔 1 个。通过超前帷幕预注浆方式,对巷道前方断层破碎岩进行了加固,同时注浆充填了含水层的岩溶裂隙和导水裂隙,减弱了含水层的富水性并切断了水源补给通道,保证了巷道掘进安全。巷道通过后,经一年多的观测,无巷道异常现象,无明显出水点,满足设计要求^①,达到了加固、堵水双重目的。

5 结语

(1)巷道掘进直接揭露断层破碎带后再进行注浆维护,容易出现塌顶或突水事故,且难以施工止浆岩帽,而采用超前预注浆方式,用常规注浆手段就可对巷道围岩及含水层进行预先加固和堵水改造,是保障掘进安全又经济合理、切合实际的导水断层治理方法。

(2)采用超前帷幕注浆技术时,注浆孔偏斜是影响施工质量的主要问题,当地层产状平缓,注浆孔向前钻进距离过大时,钻探施工中易发生钻孔歪斜,尤其是在断层破碎带内。若导水断层岩层结构复杂、导水性不均匀、含水层厚度不大,则容易出现加固或堵水盲点。同时,若钻孔歪斜严重可造成终孔位置偏离巷道轮廓线过大,使注浆帷幕偏离设计位置,而达不到设计要求。建议类似工程中,应重视防偏措施并实施终孔斜测量,掘进过程中应加强探水工作,在安全前提下实现质量目标。

参考文献:

- [1] 黄军辉,毛维林.帷幕注浆防治断层水技术在超化煤矿的应用[J].中州煤炭,2011,(6):59-61,64.
- [2] .国家安全生产监督管理总局.煤矿防治水规定[S],2009:30-32.
- [2] 杜忠江.巷道过断层破碎带注浆堵水加固技术的研究与应用[J].中小企业管理与科技,2009,(3):211.
- [3] 郝哲.岩体注浆堵水的可靠性设计[J].岩土工程学报,2002,(5):595.

Application of Advanced Curtain Grouting

Technique in Treatment of Water Conducted

Shiyan¹, CAO Hongyong², SUN Honghua², ZHANG Xi

(1. ① Shandong Bureau of Coal Geology, Shandong
采区开拓大巷过 F₇₈ 断层超前帷幕注浆加固工程
Tai'an 271000, China; 2. Caiyuan Shengjian Coal
2011年.

Mine in Jining City, Shandong Weishan 276000, China)

Abstract: A normal fault with the trend of approximate NW developed in the center of Caiyuan Coal Mine, which has influenced the mining of No. 12 coal layer. Based on analysis on characteristics and hydrological conditions of the faults, by using the advanced curtain grouting technique, fracture zones have been reinforced, and sealing grouting has been carried out in water-bearing limestones which will influence water abundance. Thus double goals have been realized, one is the reinforcement of fractural zoned, the other is the water shutoff. Double goals have been gained, that is oadways and aquifer transformation. Consequently, the safety of passing through the roadway can be ensured.

Key word: Roadway development; water conductive fault; curtain grouting technique; advanced treatment; Caiyuan Coal Mine; Jining city in Shandong province